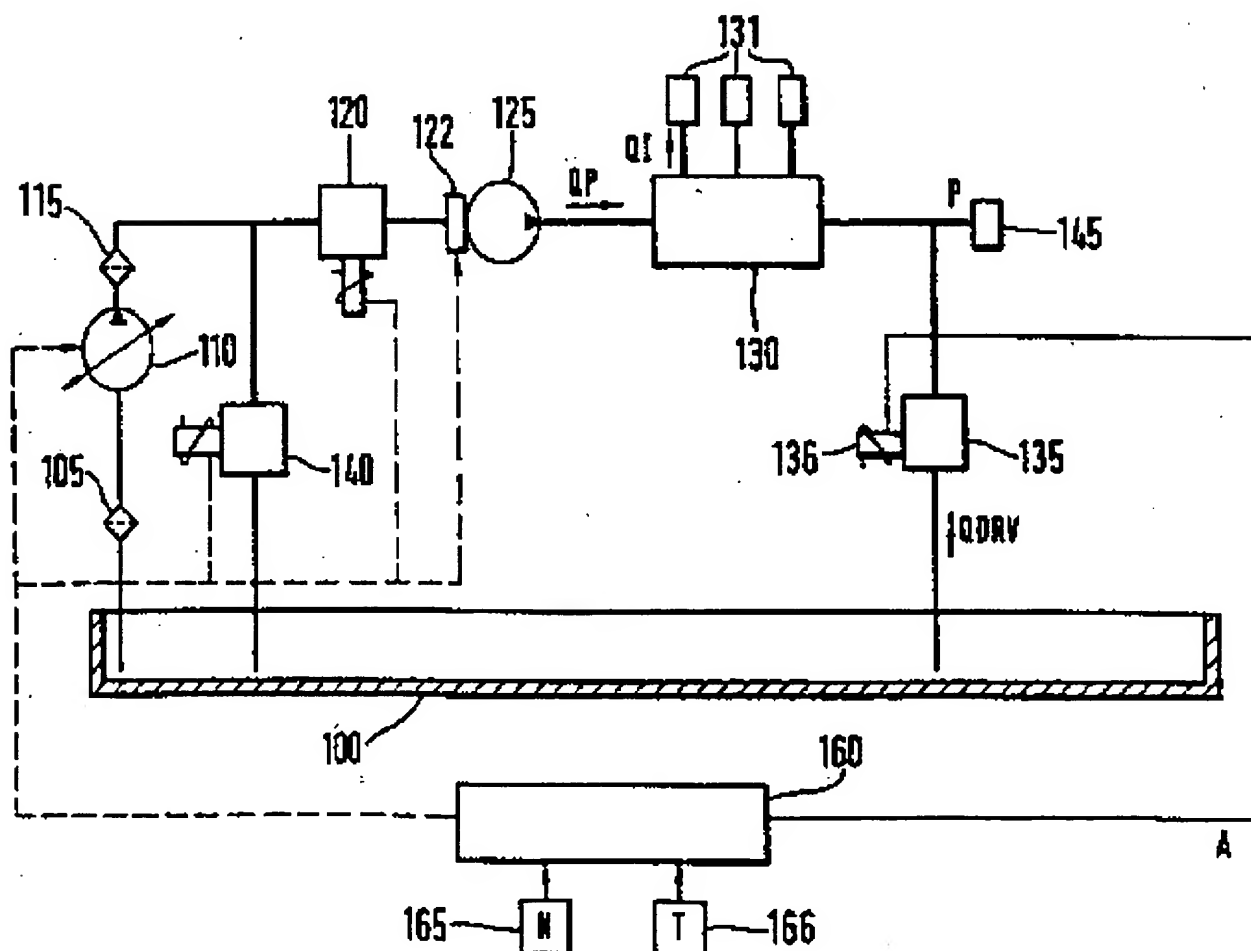


AN: PAT 1999-084366
TI: Regulating fuel pressure in internal combustion engine
having common fuel rail
PN: GB2327778-A
PD: 03.02.1999
AB: NOVELTY - The method involves conveying fuel from a low
pressure region to the high pressure fuel rail (130), and
setting the fuel pressure in the rail by discharging a
regulating quantity of fuel, itself regulated to a target value,
from the fuel rail into the low pressure region. The fuel
pressure and regulating quantity can be set independently of
each other.;
PA: (BOSC) BOSCH GMBH ROBERT;
IN: HAMMEL C; HAMMER J; KELLNER A;
FA: GB2327778-A 03.02.1999; GB2327778-B 11.08.1999;
DE19731994-A1 28.01.1999; FR2766521-A1 29.01.1999;
JP11093751-A 06.04.1999;
CO: DE; FR; GB; JP;
IC: F02D-041/30; F02D-041/38; F02M-037/00; F02M-051/00;
F02M-055/02; F02M-063/00; F02M-063/02; G05D-016/20;
MC: T06-B11; X22-A03A1; X22-A03X;
DC: Q52; Q53; T06; X22;
FN: 1999084366.gif
PR: DE1031994 25.07.1997;
FP: 28.01.1999
UP: 11.08.1999



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 197 31 994 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
F 02 M 63/00
F 02 D 41/38

21	Aktenzeichen:	197 31 994.7
22	Anmeldetag:	25. 7. 97
43	Offenlegungstag:	28. 1. 99

DE 197 31 994 A1

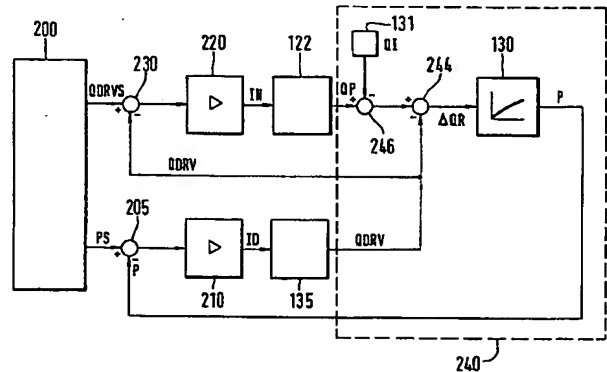
⑦ Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Hammel, Christof, 70188 Stuttgart, DE; Kellner,
Andreas, 71696 Möglingen, DE; Hammer, Juergen,
Dr., 70734 Fellbach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine mit einem Common-Rail-System, beschrieben. Wenigstens eine Pumpe Kraftstoff fördert Kraftstoff von einem Niederdruckbereich in einen Speicher. Der Druck im Speicher wird erfaßt. Ein Druckregelmittel läßt zur Einstellung des Drucks im Speicher eine Regelmenge vom Speicher in den Niederdruckbereich ab. Die Regelmenge ist auf einen Sollwert regelbar.



DE 197 31 994 A 1

Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine sind aus der DE 195 48 278 bekannt. Dort werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung des Drucks in einem Speicher eines Common-Rail-Systems beschrieben. Zur Regelung des Drucks wird eine Regelmenge vom Speicher in einen Niederdruckbereich abgelassen. Desweiteren ist vorgesehen, daß ein zweiter Regler auf den Niederdruckbereich einwirkt.

Das Druckregelventil, das den Druck im Speicher regelt, arbeitet bei kleinen Regelmengen instabil. Andererseits sind große Regelmengen unerwünscht, da in diesem Fall die Hochdruckpumpe unnötig Kraftstoff fördert. Diese unnötige Förderung von Kraftstoff führt zu einer Erwärmung des Kraftstoffs und einer Verringerung der Leistung des Motors, was wiederum eine Erhöhung des Verbrauchs an Kraftstoff zur Folge hat.

In bestimmten Betriebszuständen, wenn der Druck schnell auf einen niedrigeren Sollwert abgesenkt werden soll, wird aber eine große Regelmenge gewünscht, damit ein schneller Druckabbau erfolgt.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art, eine stabile und genaue Regelung des Drucks zu erzielen, wobei eine Erwärmung des Kraftstoffs vermieden bzw. der Energieverbrauch der Druckerzeugung verringert wird. Diese Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen gekennzeichneten Merkmale gelöst.

Vorteile der Erfindung

Mit der erfindungsgemäßen Vorgehensweise können die beiden wichtigen Größen Kraftstoffdruck und Regelmenge unabhängig voneinander eingestellt werden. Der Kraftstoffdruck kann abhängig von den Betriebszuständen auf beliebige Werte schnell eingestellt werden. Die Regelmenge kann sehr gering gehalten werden. Für einen schnellen Druckabbau kann die Regelmenge aber auch schnell auf einen hohen Wert gesetzt werden.

Vorteilhafte und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen Fig. 1 ein Blockdiagramm des Kraftstoffzumeßsystems, Fig. 2 ein Blockdiagramm der erfindungsgemäßen Regelstruktur, Fig. 3 ein Blockdiagramm einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, Fig. 4 die Regelmenge über dem Ansteuerstrom aufgetragen und Fig. 5 ein Flußdiagramm.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Fig. 1 sind die für das Verständnis der Erfindung erforderlichen Bauteile eines Kraftstoffversorgungssystems einer

Brennkraftmaschine mit Hochdruckeinspritzung dargestellt. Das dargestellte System wird üblicherweise als Common-Rail-System bezeichnet.

Mit 100 ist ein Kraftstoffvorratsbehälter bezeichnet. Dieser steht über ein ersten Filter 105, einer vorzugsweise steuerbaren Vorförderpumpe 110 mit einem zweiten Filtermittel 115 in Verbindung. Vom zweiten Filtermittel 115 gelangt der Kraftstoff über eine Leitung zu einem Ventil 120. Die Verbindungsleitung zwischen dem Filtermittel 115 und dem Ventil 120 steht über ein Niederdruckbegrenzungsventil 140 mit dem Vorratsbehälter 100 in Verbindung. Das Ventil 120 steht über eine Zumeßeinheit ZME 122 mit einer Hochdruckpumpe 125 in Verbindung. Die Zumeßeinheit ZME ist saugseitig an der Hochdruckpumpe angeordnet. Als Zumeßeinheit kann beispielsweise ein magnetgesteuertes Proportionalventil eingesetzt werden.

Die Hochdruckpumpe ist mit einem Rail 130 verbunden. Das Rail wird auch als Speicher bezeichnet und steht über Kraftstoffleitungen mit verschiedenen Injektoren 131 in Kontakt. Über ein Druckregelventil 135 ist das Rail 130 mit dem Kraftstoffvorratsbehälter 100 verbindbar. Das Druckregelventil 135 ist mittels einer Spule 136 steuerbar.

Die Leitungen zwischen dem Ausgang der Hochdruckpumpe 125 und dem Eingang des Druckregelventils 135 werden als Hochdruckbereich bezeichnet. In diesem Bereich steht der Kraftstoff unter hohem Druck. Der Druck im Hochdruckbereich, insbesondere im Speicher, wird mittels eines Sensors 145 erfaßt. Die Leitungen zwischen dem Tank 100 und der Hochdruckpumpe 125 werden als Niederdruckbereich bezeichnet.

Eine Steuerung 160 beinhaltet einen Druckregler und beaufschlagt die entsprechenden Stellelemente, wie beispielsweise die Spule 136 des Druckregelventils 135 und/oder die Zumeßeinheit 122, mit einem Ansteuersignalen. Die Steuerung 160 verarbeitet verschiedene Signale verschiedener Sensoren 165 und 166, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine und/oder des Kraftfahrzeugs, daß die Brennkraftmaschine antreibt, charakterisieren. Ein solcher Betriebszustand ist beispielsweise die Drehzahl N der Brennkraftmaschine oder ein Temperaturwert.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Steuerung weitere oder andere Stellelemente ansteuert. Zur Regelung des Druckes P im Hochdruckbereich können alternativ und/oder zusätzlich weitere Stellelemente eingesetzt werden. Dies sind beispielsweise eine in der Fördermenge verstellbare elektrische Vorförderpumpe 110, eine steuerbare Hochdruckpumpe 125 und/oder ein Druckregelventil 140 im Niederdruckbereich.

Diese Einrichtung arbeitet wie folgt: Der Kraftstoff, der sich im Vorratsbehälter befindet, wird von der Vorförderpumpe 110 durch die Filtermittel 105 und 115 gefördert. Ausgangsseitig der Vorförderpumpe 110 ist der Kraftstoff mit einem Druck von einigen bar beaufschlagt. Wenn der Druck im Niederdruckbereich des Kraftstoffsystems einen vorgebbaren Druck erreicht hat, öffnet das Ventil 120 und der Eingang der Hochdruckpumpe 125 wird mit einem bestimmten Druck beaufschlagt. Dieser Druck hängt von der Ausführung des Ventils 120 ab. Üblicherweise ist das Ventil 120 so ausgestaltet, daß es bei einem Druck von einigen bar die Verbindung zur Hochdruckpumpe 125 freigibt.

Steigt der Druck im Niederdruckbereich auf unzulässig hohe Werte an, so öffnet das Niederdruckbegrenzungsventil 140 und gibt die Verbindung zwischen dem Ausgang der Vorförderpumpe 110 und dem Vorratsbehälter 100 frei. Mittels des Ventils 120 und dem Niederdruckbegrenzungsventil 140 wird der Druck im Niederdruckbereich auf Werte zwischen ca. 1 und 3 bar gehalten.

Die Ausgestaltung des Niederdruckbereichs, insbeson-

dere die Anordnung der Ventile und Filter ist nur beispielhaft dargestellt. Die Art, die Anordnung und/oder die Anzahl der Elemente kann auch unterschiedlich sein.

Die Hochdruckpumpe 125 fördert den Kraftstoff vom Niederdruckbereich in den Hochdruckbereich. Die Hochdruckpumpe 125 baut im Rail 130 einen sehr hohen Druck auf. Üblicherweise werden bei Systemen für fremdgezündete Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 30 bis 100 bar und bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen Druckwerte von etwa 1000 bis 2000 bar erzielt. Über die Injektoren 131 kann der Kraftstoff unter hohem Druck den einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine zugemessen werden.

Mittels des Sensors 145 wird der Druck im Rail bzw. im gesamten Hochdruckbereich erfaßt. Mittels des Druckregelventils 135, das mit einer Spule 136 ansteuerbar ist, kann der Druck im Hochdruckbereich geregelt werden. Abhängig von der an der Spule 136 anliegenden Spannung bzw. des durch die Spule 136 fließenden Stromes öffnet das Druckregelventil 135 bei unterschiedlichen Druckwerten.

Als Vorförderpumpe 110 werden üblicherweise mechanische Vorförderpumpen eingesetzt. Es können aber auch Elektrokraftstoffpumpen mit einem Gleichstrom-Motor (DC-Motoren) oder einem elektrisch komutierten Gleichstrom-Motoren (EC-Motoren) eingesetzt werden. Für höhere Fördermengen, die insbesondere bei Nutzkraftfahrzeugen erforderlich sind, können auch mehrere parallel geschaltete Vorförderpumpen eingesetzt werden. In diesem Fall werden wegen der höheren Lebensdauer und höheren Verfügbarkeit vorzugsweise EC-Motoren verwendet.

Zur Regelung des Druckes P im Hochdruckbereich können alternativ und/oder zusätzlich weitere Stellelemente eingesetzt werden. Dies sind beispielsweise eine in der Fördermenge verstellbare elektrische Vorförderpumpe 110 oder eine steuerbare Hochdruckpumpe 125. Zusätzlich zum Druckregelventil 135 kann auch ein Druckbegrenzungsventil vorgesehen sein, das bei einem vorgegebenen Druck die Verbindung zwischen Hochdruckbereich und Niederdruckbereich freigibt.

Von der Hochdruckpumpe 125 wird die Fördermenge QP in das Rail 130 gefördert. Über das Druckregelventil 135 wird die Regelmenge QDRV in den Niederdruckbereich abgelenkt. Die Druckaufbaumenge QR steht für den Druckaufbau zur Verfügung. Über die Injektoren 131 gelangt die Zumeßmenge QI zu den Injektoren 131. Die Menge QI setzt sich zusammen aus der eingespritzten Kraftstoffmenge QK, der Leckagemenge und einer Steuermenge der Injektoren. Die Leckagemenge und die Steuermenge gelangen wieder zurück in den Niederdruckbereich. Die eingespritzte Kraftstoffmenge gelangt in die Brennräume der Brennkraftmaschine. Mit Δ sind die jeweiligen Mengenänderungen in einem bestimmten Zeitraum bezeichnet.

In Fig. 2 ist die erfindungsgemäße Regelung anhand eines Blockdiagrammes dargestellt. Eine Steuerung 200 gibt einen Sollwert PS für den Druck im Speicher sowie einen Sollwert QDRVS für die Regelmenge vor. Der Sollwert PS für den Druck gelangt mit positiven Vorzeichen zu einem Verknüpfungspunkt 205 an dessen zweiten Eingang mit negativem Vorzeichen der Istwert P für den Druck anliegt.

Mit dem Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 205 wird ein Druckregler 210, der auch als erster Regler bezeichnet wird, beaufschlagt. Das Ausgangssignal ID des Druckreglers 210 gelangt zu einem ersten Stellelement 135. Bei dem ersten Stellelement 135 handelt es sich vorzugsweise um das Druckregelventil 135. Dieses Druckregelventil bestimmt die Regelmenge QDRV, die vom Speicher 130 in den Niederdruckbereich abgeleitet wird.

Der Sollwert QDRVS für die Regelmenge wird in einem

Verknüpfungspunkt 230 mit der tatsächlichen Regelmenge QDRV, die mit negativen Vorzeichen den Verknüpfungspunkt 230 zugeleitet wird, verknüpft. Das Ergebnis dieser Verknüpfung gelangt zu einem zweiten Regler 220, der auch als Mengenregler bezeichnet wird. Der Mengenregler 220 beaufschlagt ein zweites Stellelement 122 mit einem Ansteuersignal IN. Das zweite Stellelement beeinflusst den Pumpenförderstrom QP.

Mit 240 ist die Regelstrecke bezeichnet. Der Verknüpfungspunkt 246 verdeutlicht, daß der Pumpenförderstrom QP um die Menge QI, die den Injektoren 131 zugeführt wird, vermindert wird. Der Verknüpfungspunkt 244 verdeutlicht, daß diese Menge ferner um die Regelmenge QDRV vermindert wird. Die verbleibende Menge QR, die auch als Druckaufbaumenge bezeichnet wird, dient zum Druckaufbau im Rail 130. Betrachtet man die Druckaufbaumenge QR, so wirkt das Rail 130 als Integrierer an dessen Ausgang der Druck P im Rail anliegt.

Der erste Regler regelt den Druck im Speicher auf einen Sollwert. Ausgehend von der Regelabweichung zwischen dem Sollwert und dem Istwert für den Druck bestimmt der erste Regler ein Ansteuersignal zur Beaufschlagung des Druckregelmittels. Dieses läßt abhängig vom Ansteuersignal ein Regelmenge vom Speicher in den Niederdruckbereich ab. Diese Regelmenge wird von einem zweiten Regler auf einen Sollwert geregelt.

Diese Einrichtung arbeitet wie folgt: Die Steuerung gibt einen Sollwert für den gewünschten Druck PS vor. Dieser wird im Verknüpfungspunkt 205 mit dem tatsächlichen Druck P, der beispielsweise mittels des Sensors 145 gemessen wird, verglichen. Ausgehend von diesem Vergleich bestimmt der Druckregler 210 das Ansteuersignal ID zur Ansteuerung des ersten Stellelements 135. Bei dem ersten Stellelement handelt es sich vorzugsweise um ein Druckregelventil, mit dem die vom Hochdruckbereich in den Niederdruckbereich abgesteuerte Menge gesteuert werden kann.

Aufgrund der Rückkopplung des Druckes stellt das Druckregelventil für sich selbst eine Regelschleife dar. Im stationären Zustand stellt sich ein dem Strom ID, der durch die Spule des Druckregelventils fließt, proportionaler Druck ein. Dabei gilt die Beziehung:

$$\Delta QDRV = \Delta QP - \Delta QI$$

Dabei entspricht ΔQP der Pumpenfördermenge pro Zeiteinheit und die Größe ΔQI der Einspritzmenge pro Zeiteinheit. In die Zumeßmenge ΔQI gehen dabei die einzuspritzende Kraftstoffmenge QK sowie die Leckagemenge und die Steuermenge für die Injektoren ein. Bei der Regelmenge $\Delta QDRV$ handelt es sich um die Regelmenge, die von dem Druckregelventil in einer Zeiteinheit in den Niederdruckbereich abgelenkt wird.

Entsprechend gibt die Steuerung abhängig von Betriebsparametern den Sollwert QDRVS für die Regelmenge vor. Dieser wird bei der tatsächlichen Regelmenge QDRV im Verknüpfungspunkt 230 bestimmt und dem Mengenregler 220 zugeführt. Dieser bestimmt ausgehend von dieser Regelabweichung ein Ansteuersignal IN für das zweite Stellelement. Das zweite Stellelement ist vorzugsweise als Mengenregelventil 122 ausgebildet. Dieses Mengenregelventil ist derart ausgebildet, daß es eine dem Strom IN proportionale Pumpenfördermenge QP einstellt. Anstelle des Zumeßbeinheits 122 kann auch die Vorförderpumpe 110 bzw. die Hochdruckpumpe 125 in geeigneter Weise angesteuert werden.

Es erfolgt eine Zweigrößenregelung. Der Druck P im Speicher 130 wird über das Druckregelventil 135 und die

Fördermenge QP mit einem Stellelement im Niederdruckbereich geregelt.

Die Vorgabe des Sollwerts PS für den Druck erfolgt abhängig von verschiedenen Betriebskenngrößen. Dies sind insbesondere die Einspritzmenge QK und die Drehzahl N der Brennkraftmaschine. Der Sollwert QDRVS für Regelmenge wird unter Berücksichtigung der Antriebsleistung und der Kraftstoffverwärmung möglichst gering gehalten. Wird ein schneller Druckabbau gewünscht, wird der Sollwert auf einen hohen Wert gesetzt.

Der Istwertes QDRV kann mittels eines Mengenflusssensors, der zwischen dem Druckregelventil 135 und dem Tank 100 angeordnet sein kann, gemessen werden. Ein solcher Mengenflusssensor kann beispielsweise als Differenzdrucksensor ausgeführt sein. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung einer Beobachterstruktur zur Ermittlung des Istwertes QDRV für die Regelmenge.

Die Regelmenge QDRV wird auf einen Sollwert geregelt, der gerade so groß ist, daß das Druckregelventil stabil arbeitet. Die Regelung erfolgt über ein Stellelement im Niederdruckbereich, beispielsweise die Zumeßeinheit 122 oder eine gesteuerte Hochdruckpumpe 125.

Das Druckregelventil 135 arbeitet bei kleinen Regelmengen instabil. Bei kleinen Regelmengen ist die Druckkraft sehr klein. Dies führt dazu, daß die Ventilschraube aufschlägt und sofort abhebt. Diese Schwingungen sollen möglichst vermieden werden. Erfindungsgemäß werden diese Schwingungen durch eine erhöhte Regelmenge vermieden.

In Fig. 3 ist eine solche Beobachterstruktur detaillierter dargestellt. Bereits in Fig. 2 beschriebene Elemente sind mit entsprechenden Bezugszeichen versehen. Der eigentliche Beobachter ist mit 300 bezeichnet. Dem Beobachter 300 wird der Istwert P für den Druck sowie ein Signal ID, das den Strom, der durch das Druckregelventil 135 fließt, gekennzeichnet, zugeführt.

Das Ausgangssignal des Beobachters 300 und die Regelabweichung, die dem Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 205 entspricht, werden einem Mengenregler 310 zugeleitet. Das Ausgangssignal K des Mengenreglers gelangt über ein Verknüpfungspunkt 315 und einen Verknüpfungspunkt 330 zu dem zweiten Stellelement 122.

Am zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 315 liegt das Ausgangssignal V1 einer ersten Vorsteuerung 320, die verschiedene Betriebskenngrößen wie Temperatur T und Drehzahl N verarbeitet.

Am Verknüpfungspunkt 333 liegt das Ausgangssignal V2 einer zweiten Vorsteuerung 335, die verschiedene Betriebskenngrößen wie eingespritzte Kraftstoffmenge QK und Drehzahl N verarbeitet.

Erfindungsgemäß werden zwei Regelziele verfolgt. Der Raildruck wird mit hoher Dynamik und hoher Regelgüte auf einen betriebszustandsabhängigen Sollwert PS geregelt. Das heißt, der Sollwert wird mit einer kleinen Ausregelzeit und extrem kleiner Regelabweichung und Einschwingdauer erreicht.

Die Regelmenge QDRV wird auf eine minimale Mindestdurchflußmenge geregelt. Dies erfolgt insbesondere bei großer Einspritz- und Steuermengen in stationären Motorbetriebszuständen. Dieses Regelziel wird mit einem auf der Niederdruckseite angeordneten Stellelement erzielt. Hierzu wird vorzugsweise die Zumeßeinheit 122 verwendet.

Dieses zweite Stellelement 122 wird dabei so angesteuert, daß der Hochdruckpumpe 125 nur soviel Kraftstoff zugeführt wird, daß das Druckregelventil 135 im Hochdruckkreis nur die mindestens erforderliche Regelmenge zur Verfügung steht. Diese Menge ist so gewählt, daß zum einen die Funktion des Druckregelventils als Stellelement im Druck-

regelkreis gewährleistet und zum anderen die Lebensdauer des Dichtsitzes am Druckregelventil sicherstellt ist.

Erfindungsgemäß ist der Regelkreis zur Mengenregelung so ausgestaltet, daß das Druckregelventil mit seiner Mindestdurchflußmenge betrieben wird, wobei die tatsächliche Regelmenge QDRV nicht gemessen werden muß.

Erfindungsgemäß wird die Abhängigkeit der Regelmenge QDRV vom elektrischen Strom ID, der durch das Druckregelventil bei einem vorgegebenen Druck P fließt, verwendet.

In der Fig. 4 ist die Abhängigkeit der Regelmenge QDRV von dem Strom ID dargestellt. In der Fig. 4 ist die Regelmenge QDRV über dem Strom ID aufgetragen. Dabei sind zwei Kennlinien für unterschiedliche Drücke dargestellt. Mit einer durchgezogenen Linie ist eine Kennlinie für einen kleinen und mit einer strichpunktierten Linie eine Kennlinie für einen hohen Druck dargestellt. Die Mindestdurchflußmenge, die als Sollwert verwendet wird, ist mit QDRVS und einer gestrichelten Linie gekennzeichnet.

Im Regelbereich gehört zu einer kleinen Änderung des elektrischen Stroms ID eine große Änderung der Regelmenge QDRV, was wiederum eine große Änderung des Drucks P zur Folge hat. Erreicht die Regelmenge QDRV die Mindestdurchflußmenge, knickt die Kennlinie stark ab. Bei diesem Knick ist die sogenannte Mindestdurchflußmenge QDRVS erreicht, die das Druckregelventil zum fehlerfreien Betrieb benötigt. Bei kleineren Regelmengen gehört zu einer großen Änderung des elektrischen Stroms ID eine kleine Änderung der Regelmenge QDRV, was wiederum eine kleine Änderung des Drucks P zur Folge hat.

Die zweite Vorsteuerung 335 gibt ein Ansteuersignal V2 zur Beaufschlagung des zweiten Stellelements abhängig von der Menge QI, die den Injektoren zugeführt werden soll, vor. Diese Menge ist abhängig von der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK, der Drehzahl, der Steuermenge der Injektoren. Ferner wird dieses Signal V2 abhängig von der gewünschten Änderung des Drucks und/oder der Änderung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge vorgegeben. Die Größe V2 wirkt als Vorsteuerung für das Stellglied 122 im Niederdruckbereich.

Die erste Vorsteuerung berücksichtigt die Änderungen des Pumpenwirkungsgrades abhängig von der Kraftstofftemperatur T sowie der Abfall des Pumpenwirkungsgrades mit der Zeit.

Ebenso berücksichtigt diese Vorsteuerung die Leckagemenge am Injektor über der Lebensdauer und der Temperatur. Diese Größen führen in einem weiten Bereich des Fahrzeugbetriebs zu einer größeren Regelmenge am Druckregelventil. Die erste Vorsteuerung gibt dabei einen Multiplikationsfaktor vor, mit dem das Ausgangssignal der Mengenregelung 310 im Verknüpfungspunkt 315 multipliziert wird.

Die beiden Vorsteuerungen 320 und 335 geben ein solches Ansteuersignal vor, daß sich in allen Betriebszuständen eine Regelmenge QDRV einstellt, die größer als die Mindestdurchflußmenge ist. Der Mengenregler 310 gibt eine solchen Korrekturfaktor K vor für das Ansteuersignal IN der Zumeßeinheit 122 vor, daß die Regelmenge im Bereich der Mindestdurchflußmenge oder geringfügig darüber liegt. Hierzu wertet der Mengenregler das Ausgangssignal des Beobachters 300 aus.

Erkennt der Mengenregler, daß eine große Regelabweichung vorliegt, gibt er ein Signal aus, das der Regelabweichung entgegenwirkt. Dadurch kann erreicht werden, daß der Sollwert schnell erreicht wird. Dies gilt insbesondere dann, wenn ein schneller Druckabbau erwünscht wird. In diesem Fall gibt der Mengenregler ein solches Signal ab, daß die Regelmenge maximal wird.

Das erfindungsgemäße Zusammenwirken der ersten Vor-

steuerung 320 und des Mengenreglers 310 und des Beobachters 300 ist in Fig. 5 als Flußdiagramm dargestellt. Erkennt die Einrichtung in Schritt 500, daß ein stationärer Betriebszustand vorliegt, so wird die Adaption aktiviert. Im instationären Betrieb ist der Faktor V1 der ersten Vorsteuerung gleich 1. Ein stationärer Betriebszustand wird erkannt, wenn die Last und die Drehzahl der Brennkraftmaschine konstant sind und/oder sich nicht mehr als ein bestimmter Grenzwert ändern. Als Lastsignal wird ein die einzuspritzende Kraftstoffmenge kennzeichnende Größe verwendet.

Anschließend wird in Schritt 510 der momentane Wert P1 für den Druck P und den Strom I1 abgespeichert. Anschließend in Schritt 520 verändert der Mengenregler 310 den Faktor K so, daß die Regelmenge QDRV um den Wert Δ kleiner wird. Anschließend werden die neuen Werte für den Druck P2 und den Strom I2 gemessen. Im Schritt 540 werden die Differenzen dP und dI zwischen den alten Werten P1 und I1 sowie den jeweiligen neuen Werten P2 und I2 bestimmt. Ausgehend von diesen Werten berechnet der Schritt 550 das Verhältnis dP/dI. Die Abfrage 560 überprüft, ob dieses Verhältnis dP/dI größer als ein Schwellwert SW ist. Ist dies der Fall, das heißt die Regelmenge wurde soweit abgesenkt, daß Werte unterhalb der Mindestdurchflußmenge QDRVS erreicht sind, so wird in Schritt 580 der Faktor K so geändert, daß sich die Regelmenge QDRV um den Wert Δ erhöht. Beim Erreichen des nächsten stationären Betriebszustandes erfolgt ein erneuter Programmdurchlauf.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Faktor K beim Verlassen des stationären Betriebszustandes die QDRV konstant gehalten wird.

Erkennt die Abfrage 560, daß der Schwellwert SW noch nicht erreicht ist, so werden in Schritt 570 die alten Werte P1 und I1 mit den neuen Werten P2 und I2 überschrieben. Anschließend erfolgt ein erneuter Programmdurchlauf ab Schritt 520.

Erfindungsgemäß wird in stationären Betriebszuständen das Ansteuersignal für den Stellelement 122 so verändert, daß die Regelmenge sich verringert. Dabei wird die Änderung des Drucks P abhängig vom Strom I beobachtet. Das Ansteuersignal wird solange verändert, bis eine große Änderung des Stroms nötig ist, um den Raildruck zu verändern.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß im stationären Betrieb der Mengenregler 310 ein solches Ansteuersignal für das zweite Stellelement 122 vorgibt, daß gerade die Mindestdurchflußmenge vom Druckregelventil in den Niederdruckbereich abgelassen wird.

Ausgehend von der zu regelnden Größe, das heißt dem Druck P, und der Stellgröße, das heißt dem Strom, der durch das erste Stellelement 135 fließt, des ersten Regelkreises wird der Istwert des zweiten Regelkreises gebildet. Der Istwert des zweiten Regelkreises hat seinen Sollwert erreicht, wenn eine große Änderung der Stellgröße nur noch eine kleine Änderung der zu regelnden Größe zur Folge hat. Der Istwert des zweiten Regelkreises hat seinen Sollwert erreicht, wenn sich das Verhalten des ersten Regelkreises wesentlich ändert. Das heißt wenn sich das Verhältnis zwischen der Änderung des Stroms dI und der Änderung des Drucks dP wesentlich ändert.

In instationären Betriebszuständen bestimmt der Mengenregler 310 das Ansteuersignal für das zweite Stellelement 122 abhängig von der Differenz zwischen dem Sollwert PS und dem Istwert P für den Druck.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine mit einem Common-Rail-System, wobei wenigstens eine Pumpe

Kraftstoff von einem Niederdruckbereich in einen Speicher fördert und der Druck im Speicher erfaßbar ist, daß zur Einstellung des Drucks im Speicher ein Druckregelmittel eine Regelmenge vom Speicher in den Niederdruckbereich abläßt, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelmenge auf einen Sollwert regelbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster Regler den Druck im Speicher und ein zweiter Regler die Regelmenge regelt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Regler ausgehend von einem Sollwert und einem Istwert für den Druck auf das Druckregelmittel einwirkt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler auf ein Stellelement einwirkt, das im Niederdruckbereich angeordnet ist und/oder das auf die Hochdruckpumpe einwirkt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler das Stellelement wenigstens ausgehend von einer Änderung des Stroms, der durch das Druckregelmittel fließt, und einer Änderung des Drucks im Speicher ansteuert.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Regler das Stellelement wenigstens ausgehend von der Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert für den Druck ansteuert.

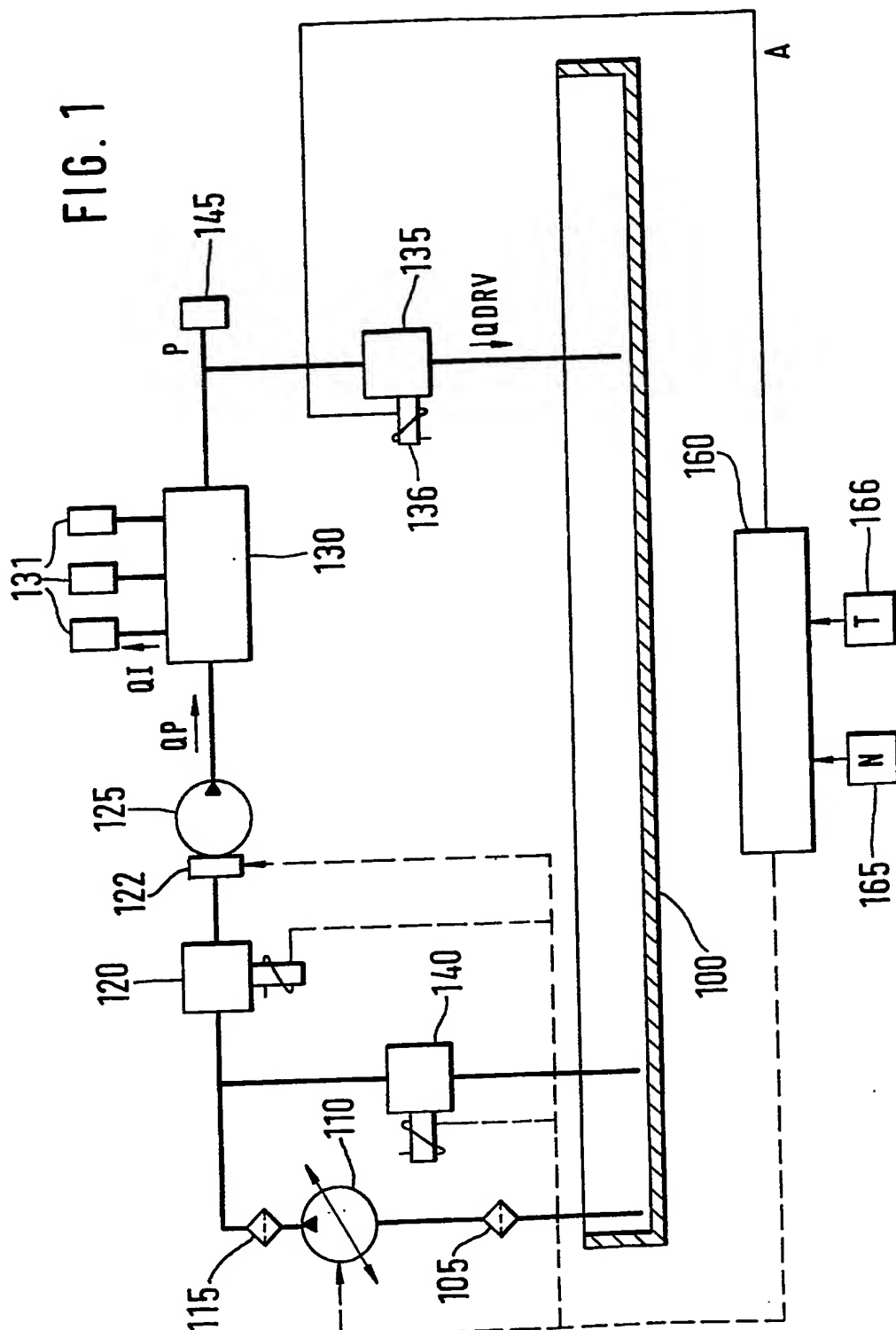
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellelement von wenigstens einer Vorsteuerung ansteuerbar ist und der zweite Regler die Vorsteuerwerte korrigiert.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsteuerung das Stellelement abhängig von verschiedenen Betriebskenngrößen, wie insbesondere der einzuspritzenden Kraftstoffmenge und/oder der Drehzahl, ansteuert.

9. Vorrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine mit einem Common-Rail-System, wobei wenigstens eine Pumpe Kraftstoff von einem Niederdruckbereich in einen Speicher fördert und der Druck im Speicher erfaßbar ist, daß zur Einstellung des Drucks im Speicher ein Druckregelmittel eine Regelmenge vom Speicher in den Niederdruckbereich abläßt, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel vorgesehen sind, die die Regelmenge auf einen Sollwert regeln.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1



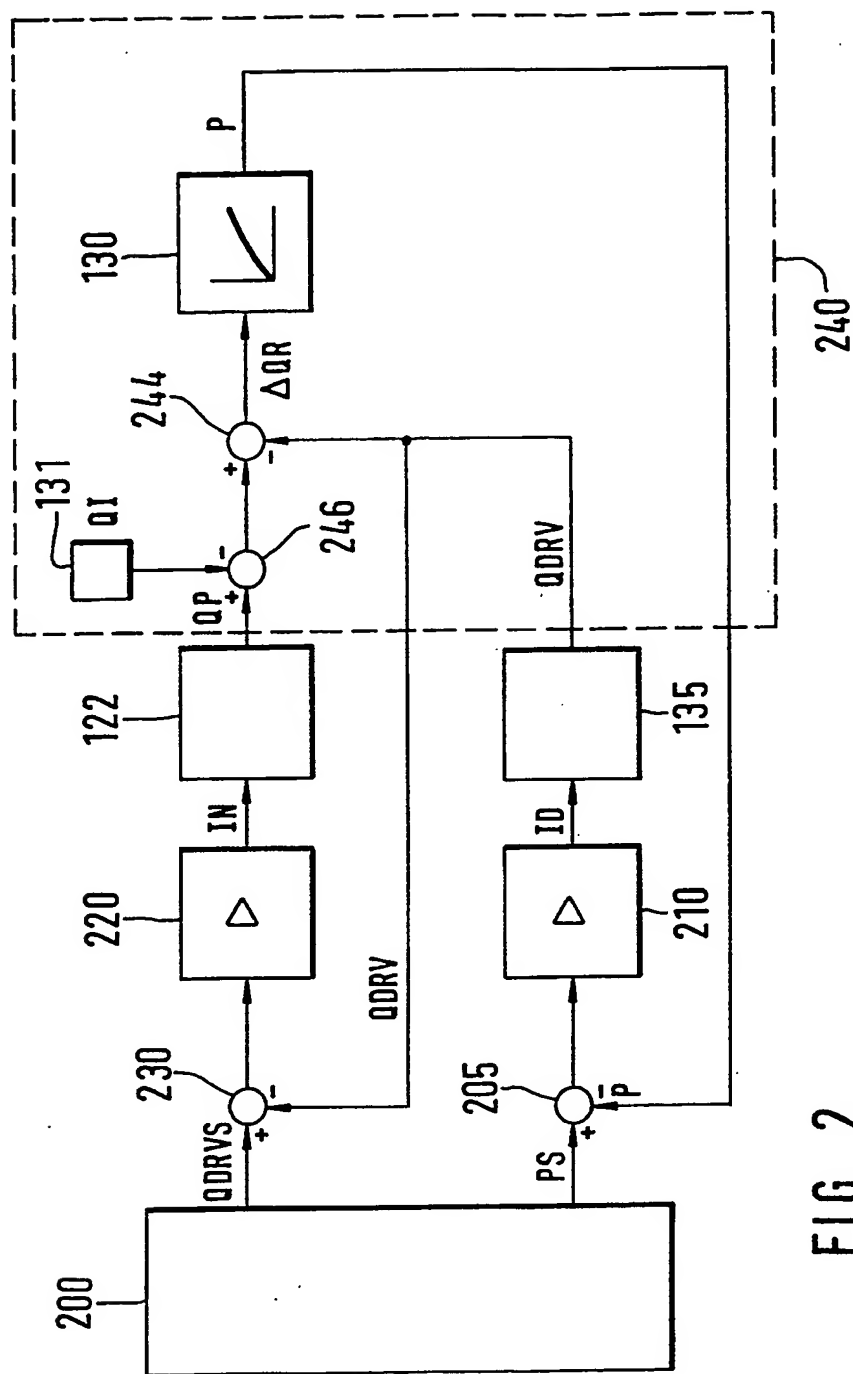
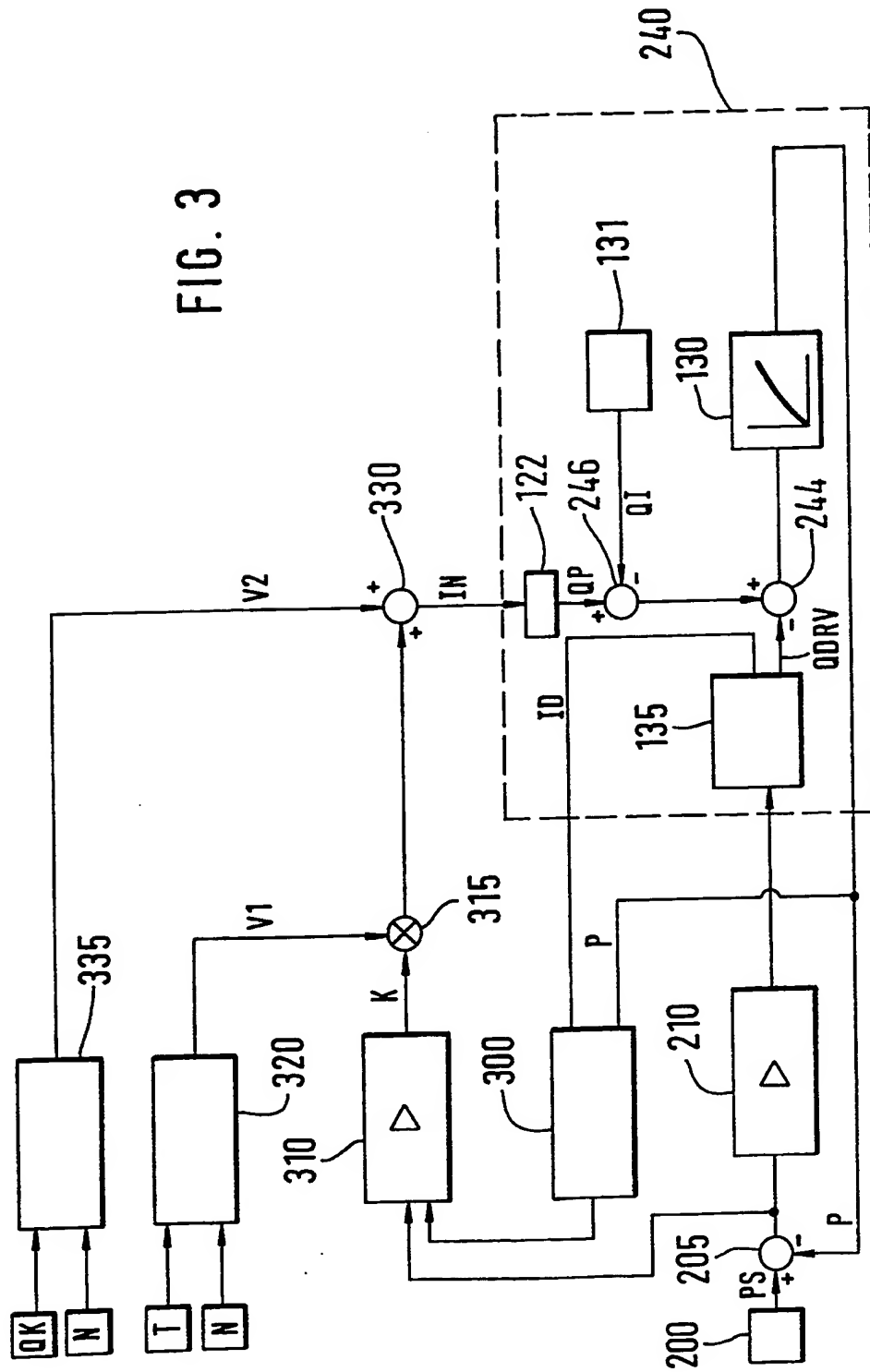


FIG. 2

FIG. 3



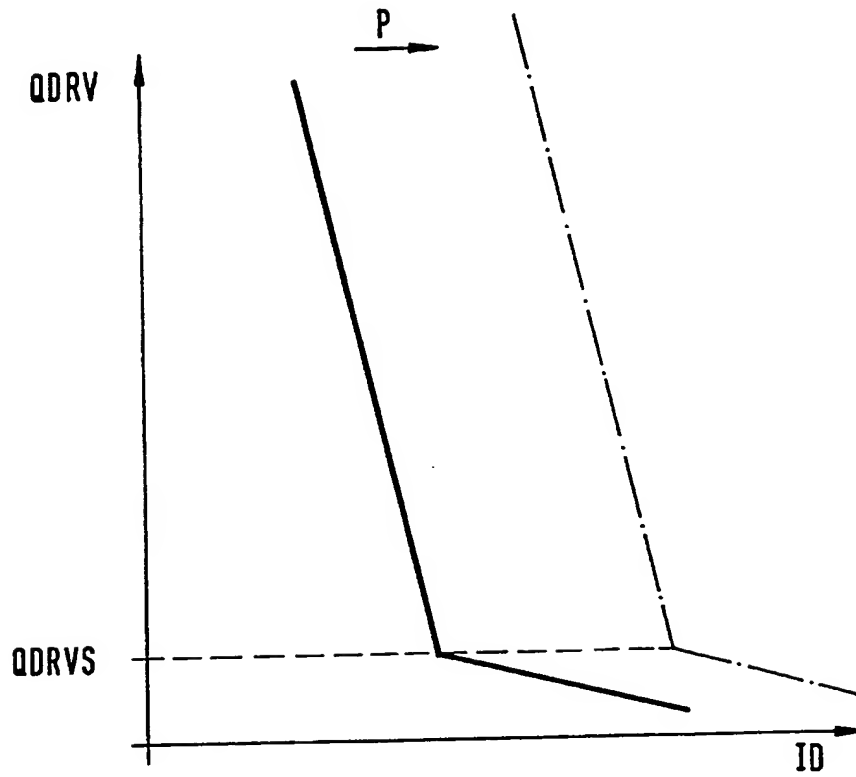


FIG. 4

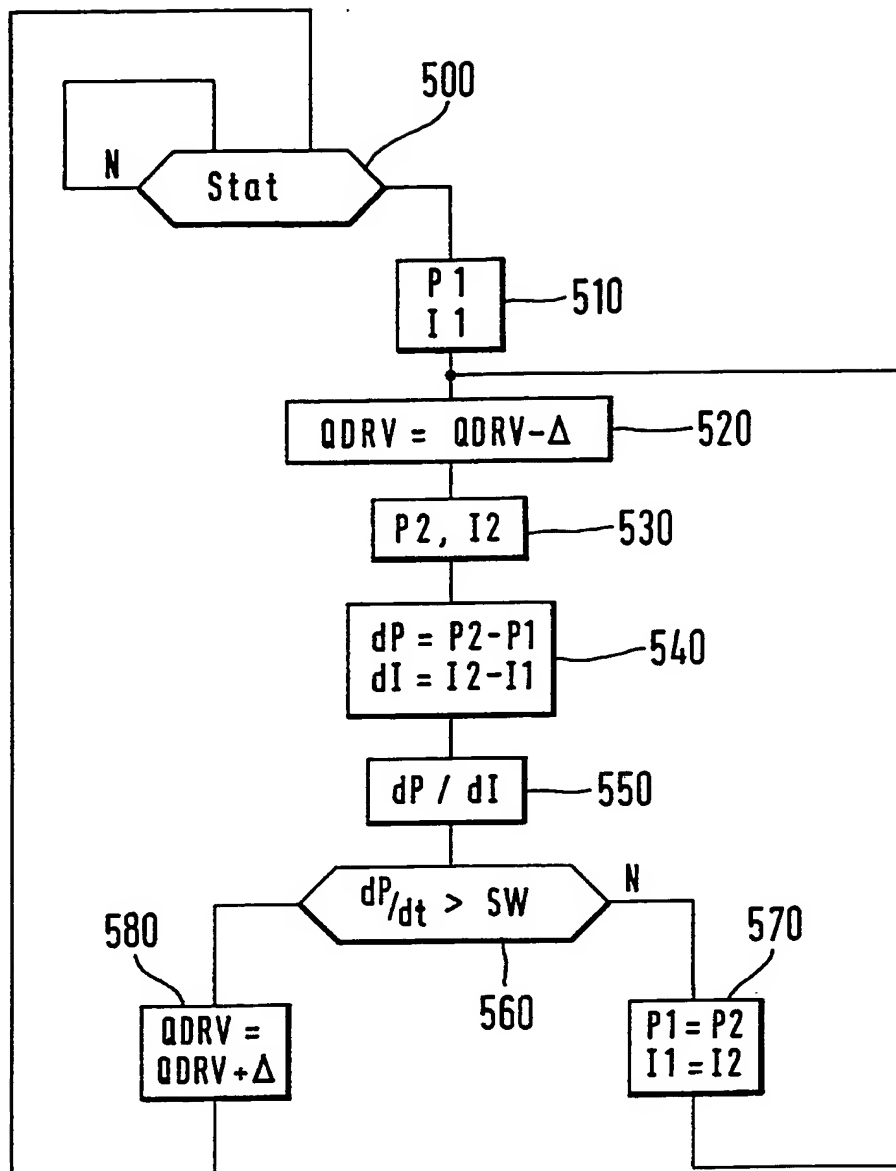


FIG. 5